

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГНСС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ СТРУКТУР В КРЫМСКОМ ПРИАЗОВЬЕ

Н.И. Винокуров (МПУ)

В 1985 г. окончил исторический факультет Московского педагогического государственного университета (МПУ). С 1994 г. — начальник Международной российско-крымской Артезианской археологической экспедиции. В настоящее время — заведующий кафедрой истории древнего мира и средних веков Московского педагогического государственного университета. Президент фонда «Археология». Доктор исторических наук, профессор.

Д.А. Мызин («КМС», Киев, Украина)

Имеет высшее образование по специальности «универсальные информационные системы». С 1991 г. — руководитель сервисного центра вычислительного комплекса при Информационно-вычислительном центре (Чернобыль). С 1996 г. по настоящее время — технический директор ООО «КМС». Участник антарктических экспедиций 2004 и 2006 гг.

И.Н. Пархалин (НПП «НАВГЕОКОМ»)

В 2006 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «астрономогеодезия». После окончания университета работает в ЗАО НПП «НАВГЕОКОМ», в настоящее время — ведущий инженер по спутниковым геодезическим технологиям.

Использование профессионального оборудования глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в археологии относится к специальным методам дистанционного обследования. Дистанционным обследованием называют любые приемы научного поиска на расстоянии, которые позволяют выявить отличительные признаки археологического объекта [1, 2]. Одной из перспективных и передовых форм дистанционного обследования в археологии является применение наземного оборудования ГНСС, которое, наряду с геоинформационными системами, позволяет осуществлять сбор, проверку, интеграцию и анализ пространственной информации, относящейся к земной поверхности со следами жизнедеятельности человека. Если применение ГНСС-технологий является относительно новым направлением, то такие методы дистан-

ционного обследования как аэрофотосъемка, а в последние десятилетия и космическая съемка, уже давно и широко вошли в практику мировой археологии. Применению ГИС-технологий в археологии предшествовали десятилетия адаптации теории и методов пространственного анализа. Основные достижения в этой области осуществлены зарубежными учеными. Правда, в последнее время ГИС-технологии нашли применение и в отечественной археологии, особенно для извлечения исторической информации из характера распределения археологических объектов на местности путем их моделирования.

Ранее спутниковые методы дистанционного обследования применялись в археологии лишь в редких случаях по причине их высокой стоимости и ограниченным возможностям точного определения простран-

ственных координат. В настоящее время, благодаря расширению зоны спутникового покрытия и появлению компактных и сравнительно недорогих спутниковых приемников ГНСС, мощных компьютеров и надежного программного обеспечения, топографическая съемка становится необходимым и привычным методом исследования археологических объектов. Ее возможности достаточно велики, так как, благодаря детальному топографическому плану местности в районе археологических работ, можно выявлять и распознавать объекты, совершенно невидимые до начала раскопок. Спутниковые методы позволяют точно фиксировать на современной топографо-геодезической основе древние антропогенные и природные структуры, новые и уже известные археологические объекты, разрабатывать маршруты разведок для проверки

полученных сведений и точно учитывать площади археологических исследований для их картографирования и последующего трехмерного компьютерного моделирования выявленных структур, привязанных к реальному ландшафту. По результатам такой съемки можно выделить не только контуры поселенческих структур, но и границы некрополей, очертания отдельных построек, ям, могил, колодцев, перекопов, следы древнего аграрного размежевания, дренажных и ирригационных каналов.

Кроме того, наземные спутниковые методы съемки довольно экономичны по времени при одновременном сокращении человеческих ресурсов. Первичные результаты топографической съемки могут быть получены непосредственно на объекте, при необходимости проверены и даже скорректированы.

Однако вопросы практического использования этих технологий все еще недостаточно проработаны в отечественной и зарубежной науке. Говоря об опыте зарубежных археологических экспедиций, можно отметить, что для каждой местности и при выполнении почти каждого проекта создается собственный ГИС-проект [3]. Наличие ГНСС-оборудования стало обязательным в большинстве зарубежных экспедиций, а высокоточная наземная спутниковая съемка во многих случаях уже заменяет традиционные геодезические методы при составлении детальных планов некоторых памятников. Известны и отдельные примеры обнаружения археологических структур по этим планам, например, на городище Горное Эхо в районе Кисловодска или в районе древнего Мемфиса в Египте [4]. Впрочем, такого вида съемки еще не получили широкого распространения, и ме-

тодика проведения высокоточной съемки больших площадей еще не отработана. Ранее исследовательские работы базировались на материалах, накопленных в 1960–1990-х гг. [5, 6].

При выполнении работ в Крымском Приазовье на территории Ленинского района (Крым, Украина) в 2006–2007 гг. использовались спутниковые методы точного определения пространственных координат и аналитические возможности геоинформационных систем, в сочетании с традиционными археологическими методами разведки, в том числе с использованием технологий, основанных на применении магниторазведки и георадаров. При этом авторы исходили из постулата, что изменения, связанные с антропогенной деятельностью, находят отражение в состоянии естественного природного ландшафта. Идея использования спутникового геодезического оборудования родилась из обычного для археологов-практиков намерения уточнить взаимное местоположение уже открытых за 20 с лишним лет работы экспедиции в Крымском Приазовье археологических объектов, исправить возможные несоответствия при их пространственной

привязке друг к другу, получить детальную информацию о рельефе и точных координатах долговременных реперов, памятников и отдельных объектов. Это должно послужить базисом для привязки проектируемых охранных зон памятников к современной топографо-геодезической основе, ускорить выделение границ на местности и передачу историко-культурного заповедника в порядке, установленном действующим законодательством.

Районом проведения съемочных работ являлось урочище Артезиан (Салын) — обширная по площади, вытянутая с востока на запад долина, выходящая на западе к Азовскому морю (рис. 1). С южной, северной и восточной сторон оно ограничено невысокими каменистыми кряжами, образованными выходами сарматских известняков. Южный склон урочища более крутой, чем северный, имеет холмистый рельеф и изрезан глубокими балками, разделяющими южную часть на отдельные, изолированные друг от друга, участки. В целом, природный ландшафт урочища довольно спокойный. Урочище Артезиан в настоящее время — малозаселенная территория Крымского Приазовья, отлича-

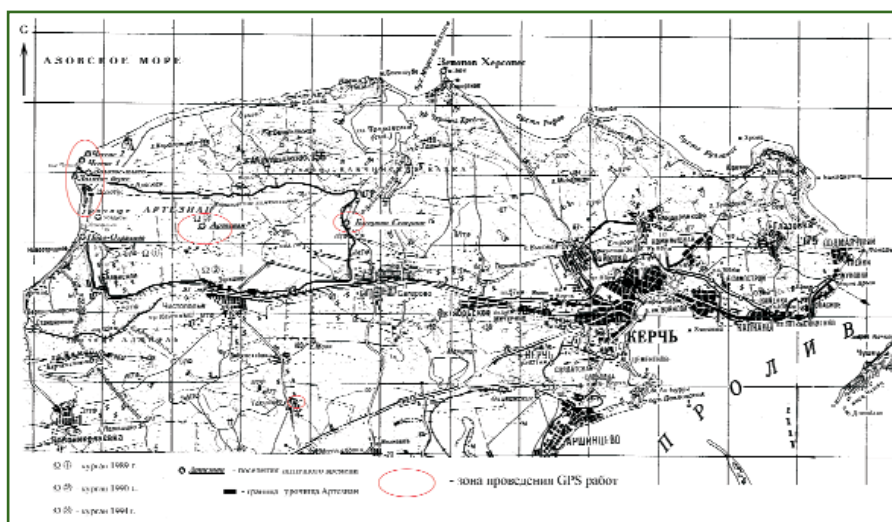


Рис. 1
Карта урочища Артезиан и археологических памятников

ющаяся от прочих, активно освоенных в хозяйственном отношении районов Керченского полуострова, заповедными живописными ландшафтами с широкими пространствами, заросшими ковылем и другими степными травами, необычно извилистыми балками с родниками и водоемами, богатыми рыбой и дикой птицей.

По причине почти полного отсутствия высокой растительности и каких-либо других видов высотных препятствий, за исключением мест в раскопах вблизи высоких бортов, этот район проведения работ можно считать идеальным полигоном для применения спутникового оборудования. Характерной особенностью его эффективно-го использования является обеспечение открытого неба для приема радиосигналов со спутников.

Ранее на городищах Артезиан и Багеро-Северное при проведении плано-высотной съемки традиционными геодезическими приборами была установлена система постоянных опорных реперов, каждый из которых имел номер и координаты. Постоянные реперы вынесены за пределы площади, подлежащей раскопкам. Вся территория археологического памятника разбита на квадраты, ориентированные по сторонам света, которые являются своеобразной координатной сеткой. К этой координатной сетке стало удобно привязывать не только раскопы, но и места обнаружения археологических объектов и даже отдельных предметов. Разбивка и закрепление углов координатной сетки, а также топографическая съемка проводилась достаточно тщательно с помощью геодезического GPS-оборудования, а реперы устанавливались так, чтобы защитить их от внешних воздействий. Понятно, что ни один репер не может



Рис. 2
Съемка с помощью подвижного приемника

считаться долговременной точкой на неохраямой территории. Благодаря применению спутникового оборудования, появляется возможность восстановления местоположения утраченных реперов и сети квадратов.

Съемочные работы на археологических памятниках и антропогенных ландшафтах осуществлялись квалифицированными специалистами-топографами под руководством археолога. В данном случае от археолога зависели: постановка задачи исследования, выбор конкретного археологического памятника, участка или объекта на памятнике, определение размеров необходимой площади съемки, установление направления съемочной сети или отдельных профилей, а также их частоты и величины шага съемки, в зависимости от характера памятника и решаемых задач. Топографы определяли номенклатуру используемых приборов, проводили съемку, выбирая и по необходимости меняя ее методику, обрабатывали результаты наблюдений и представляли полученную информацию в электронном виде. Интерпретация полученных

результатов проводилась совместно.

При выполнении работ использовались двухчастотные геодезические спутниковые приемники GPS. Согласно выбранной методике проведения работ, для получения сантиметровой точности один приемник устанавливался над пунктом с известными координатами и выполнял функцию базовой станции, а другой — был подвижным (рис. 2). Подвижный приемник последовательно устанавливался над точками и объектами, координаты которых необходимо было определить.

Вместо металлических реперов с забетонированными пилонами применялись пластиковые бутылки из-под воды с особой крышкой, оснащенной выдвижным сливом. Бутылки, наполненные внутри раствором, вкапывались ниже уровня земли, а выдвижимый центр пробки использовался для установки над ним прибора. Это оказалось правильным решением, так как репер, в виде закопанной пластиковой бутылки с раствором, не привлекал внимание любопытных «искателей» и сохранился на протяжении всей работы.

Целью съемки, выполняемой с помощью подвижного приемника, было установить точное местоположение предметов в месте раскопок относительно друг друга и определить их точные координаты. Измерения проводились методом непрерывной съемки, при которой оператор с подвижным приемником GPS на вешке перемещался вдоль контура стены или другого объекта, а приемник в автоматическом режиме измерял пространственные координаты через заданный интервал времени. В некоторых случаях для получения детальной информации измерялся контур каждого камня на объектах. На точках, положение которых требовалось знать точнее, например, на реперах, измерения проводились методом «псевдокинематики». При этом, после установки оператором вешки с приемником над пунктом, измерения выполнялись в течение 15–30 с.

Непрерывная съемка использовалась для определения границ архитектурного памятника и микрорельефа.

В процессе измерений снижение точности определения пространственных координат из-за многолучевости практически не наблюдалось. Количество наблюдаемых спутников чаще всего колебалось между 7–8, редко снижаясь до 5. Значение PDOP не превышало 4.

Обработка результатов измерений проводилась с помощью стандартного программного обеспечения, поставляемого с геодезическим GPS-оборудованием. Непрерывная съемка является довольно неточным методом определения пространственных координат объектов, но хорошие условия наблюдений в районе работ способствовали получению высокой сходимости результатов.

В результате обработки спутниковых GPS-измерений был

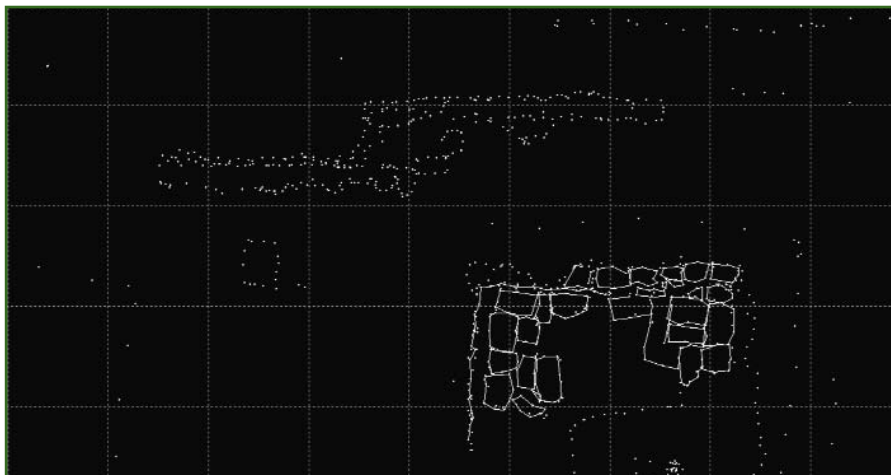


Рис. 3

Результаты обработки спутниковых GPS-измерений (сторона квадрата 3 м)

получен набор точек, описывающих не только контур археологического памятника, но и плановое и высотное положение всех объектов, обнаруженных при раскопках (рис. 3).

В дальнейшем, результаты обработки спутниковых измерений конвертировались в стандартную САПР, и проводилось построение детального плана археологического памятника. Детальный план использовался для исправления чертежей различных объектов на раскопах и проверки привязки их друг к другу как в плане, так и по высоте.

Таким образом, была получена однородная информация о положении объектов с сантиметровой точностью и их пространственном ориентировании, что тоже немаловажно для археологической интерпретации результатов.

Археологическая методика требует:

— для поселений с протяженностью культурного слоя до 50 м и площадью до 2500 м² (отдельные усадьбы, небольшие укрепления и поселки) проводить топографическую съемку в масштабе 1:100;

— для поселений с протяженностью культурного слоя до 100 м и площадью до 1 га — в масштабе 1:100 или 1:200;

— для крупных сельских поселений с площадью от 1 до 5 га — в масштабе 1:200 или 1:500;

— для поселений с площадью более 5 га — в масштабе 1:500.

Высота заложения горизонталей выбирается в зависимости от сложности рельефа, но не должна превышать 0,5 м.

Планы древних земельных участков, ирригационных систем, террас, коммуникаций, карьеров и т. п. обычно составляются в масштабе 1:1000 с сечением рельефа через 1–2 м.

По данным съемки был составлен план с горизонталями с сечением рельефа 0,1 м, что позволило отразить микрорельеф и основные формы рельефа, а также определить конфигурацию антропогенных объектов. На план наносились выходы кладок на поверхность и отдельные крупные камни.

На городище Багерово-Северное были выполнены спутниковые GPS-измерения, которые включали восстановление долговременных реперов, уничтоженных на городище и некрополе поселения в межсезонье, определение новых охраняемых зон памятника, пространственную привязку раскопок прошлых лет к современной топографической основе и измере-

ние точных пространственных координат как раскопов, так и найденных в разные годы строительных остатков. Здесь же была осуществлена пространственная привязка строительных остатков античного времени на городище и могил на некрополе по отношению друг к другу.

На городище Тасуново с использованием спутниковых приемников GPS была выполнена топографическая съемка. На северной и западной периферии городища с помощью спелеологов была исследована подземная водосборная система, длиной более 200 м, действовавшая, как показали раскопки, со значительными перестройками, с первых веков нашей эры вплоть до 1970-х гг.

На сельскохозяйственных наделах урочища Артезиан проведенные работы отчетного сезона, благодаря спутниковым GPS-измерениям, позволили установить точное положение ряда античных сельскохозяйственных наделов к северо-западу от поселка Золотое.

В результате на городище Артезиан была получена пространственная привязка всех археологических объектов, выявленных на площади около 1200 м², в южной части поселения — на площади более 1700 м² и на юго-западном участке городища, затрагивая его северный участок, — на площади около 700 м². При этом было определено их пространственное положение на современной топографической основе и относительно долговременных реперов.

Аналогичная работа была осуществлена на одиннадцати раскопах некрополя и городища Артезиан, общей площадью около 3200 м². Кроме того, была определена граница новых охраняемых зон памятников — городища и некрополя Артезиан первых веков нашей эры,

включая территорию эллинистического селища, для выноса ее в натуру.

Но это только начальный этап запланированной работы, объемы которой чрезвычайно масштабны и охватывают пространство древних антропогенных ландшафтов на площади более 250 км². Ее конечной целью является воссоздание картины развития территории урочища Артезиан в Крымском Приазовье и примыкающих к нему территорий, реконструкция изменения среды, связанной с деятельностью человека на протяжении всего четвертичного периода, включая последние столетия и даже десятилетия. При этом приоритетным является создание в этом регионе государственного национального историко-археологического заповедника «Заповедное урочище Артезиан в Крымском Приазовье» [7]. Благодаря спутниковым измерениям, удалось начать определение границ охраняемой территории археологических памятников урочища, которые в перспективе должны стать главными охраняемыми объектами заповедника: городища и некрополи Артезиан и Багерovo-Северное, Ново-Отрадное, Золотое-берег.

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности использования технологий ГНСС при археологических исследованиях. Дальнейшие перспективы — это совершенствование методики ведения топографической съемки для более удобной работы с данными и их последующей интерпретации. В этом плане представляют интерес наземные лазерные технологии, позволяющие получать точную трехмерную цифровую модель любого объекта, даже со сложным рельефом поверхности. В сочетании с технологиями ГНСС, благодаря которым можно осуществлять

пространственную привязку объектов в глобальной системе координат и проводить топографическую съемку с сантиметровой точностью, этот метод имеет большие перспективы для фиксации открываемых и раскапываемых памятников археологии.

▼ Список литературы

1. Методика полевых археологических исследований. Часть 1. — М., 1983.
2. Методика полевых археологических исследований. Часть 2. — Л., 1989.
3. Смекалов С.Л. Древние антропогенные структуры Восточного Крыма (геоинформационный и историко-картографический аспект) // Дис. на соискание уч. ст. к.и.н. — М., 2005.
4. Помогаев О.Н. Применение GPS-аппаратуры Trimble для археологических исследований // Геопрофи. — 2003. — № 1. — С. 31–34.
5. Винокуров Н.И. Археологические памятники урочища Артезиан в Крымском Приазовье. — М., 1998.
6. Винокуров Н.И. Виноградство и виноделие античных государств Северного Причерноморья. — Киев, 2007.
7. Винокуров Н.И. Создание государственного историко-археологического заповедника в урочище Артезиан // Материалы II Международного colloквиума «Античный город: проблемы сохранения архитектурно-археологических комплексов». — Керчь, 2007.

RESUME

An experience of using the global navigation satellite systems (GNSS) in archeology for detail topographic surveys of dig locations and objects, spatial positioning of dig areas to the modern topogeodetic base is given. The results obtained prove the expediency of using the GNSS technologies for archeological surveys. It is marked that the ground laser scanning based on the GNSS technology and providing for reliable and precision 3D DTM is one of the promising techniques.